

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50772/2023  
(22) Anmeldetag: 21.09.2023  
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2024

(51) Int. Cl.: **B61F 9/00** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
CN 106163900 A  
DE 102015002517 A1  
EP 3925852 A1  
DE 102011052070 A1  
KR 20100082162 A  
CN 115384569 A

(73) Patentinhaber:  
Siemens Mobility Austria GmbH  
1210 Wien (AT)

(72) Erfinder:  
Raith Philipp  
8045 Graz (AT)  
Koller Andreas  
8733 St. Marein bei Knittelfeld (AT)  
Gruber Horst  
8112 Gratwein (AT)

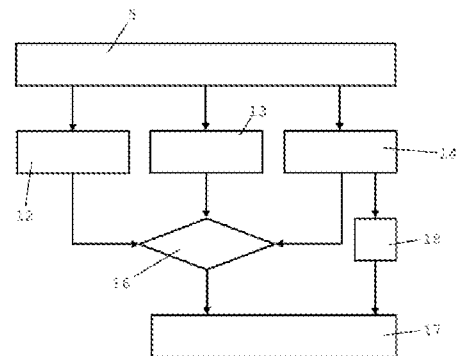
(74) Vertreter:  
Prehofer Boris André Dipl.-Ing.  
1210 Wien (AT)

### (54) Verfahren und Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge und Schienenfahrzeug

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Entgleisungsdetektion, wobei mittels eines ersten Sensors (1) erste Biegeverformungen eines ersten Halteelements (3) erfasst werden und mittels eines zweiten Sensors (2) zweite Biegeverformungen eines zweiten Halteelements (4) erfasst werden, wobei das erste Halteelement (3) und das zweite Halteelement (4) mit einem Hindernis-Kontaktbalken (6) verbunden sind, und wobei der erste Sensor (1) sowie der zweite Sensor (2) signalübertragend mit einer Auswerteeinheit (11) verbunden sind.

Zur sicheren Entgleisungserkennung wird vorgeschlagen, dass erste Impuls-Absolutbeträge und zweite Impuls-Absolutbeträge, welche mittels der Auswerteeinheit (11) aus den ersten Biegeverformungen und den zweiten Biegeverformungen ermittelt werden, einerseits oder Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen andererseits mit einem Impuls-Schwellwert verglichen werden, wobei geprüft wird, ob die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder die Summen andererseits gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

Fig. 1



## Beschreibung

### VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR ENTGLEISUNGSDETEKTION FÜR SCHIENENFAHRZEUGE UND SCHIENENFAHRZEUG

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge, wobei mittels eines ersten Sensors, welcher mit einem ersten Halteelement verbunden ist, erste Biegeverformungen des ersten Halteelements erfasst werden und mittels eines zweiten Sensors, welcher mit einem zweiten Halteelement verbunden ist, zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements erfasst werden, wobei das erste Halteelement und das zweite Halteelement mit einem Hindernis-Kontaktbalken, der mittels des ersten Halteelements und des zweiten Halteelements vor einem Radsatz eines Schienenfahrzeugs an einem Fahrwerk des Schienenfahrzeugs gehalten ist und der bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs einen mechanischen Kontakt mit einem Gleiskörper für das Schienenfahrzeug ausbildet, wodurch die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen ausgebildet werden, verbunden sind, und wobei der erste Sensor sowie der zweite Sensor signalübertragend mit einer Auswerteeinheit verbunden sind.

**[0002]** Schienenfahrzeuge müssen eine hohe Fahrsicherheit aufweisen. Eine genaue Einschätzung und Vorhersage von technischen Zuständen der Schienenfahrzeuge, von Fahrwerken und von weiteren Schienenfahrzeugkomponenten ist daher wichtig. Insbesondere Entgleisungen können schwere Schäden an Menschen und Umwelt sowie an den Schienenfahrzeugen selbst verursachen, weshalb eine genaue und rechtzeitige Entgleisungserkennung bedeutsam ist.

**[0003]** Aus dem Stand der Technik ist beispielsweise die WO 2015/135752 A1 bekannt, in welcher eine Hinderniserkennungsvorrichtung für Schienenfahrzeuge beschrieben ist. Ein Bahnräumer-Balken ist über Federelemente mit einem Fahrwerksrahmen eines Fahrwerks eines Schienenfahrzeugs verbunden. Mit den Federelementen sind Dehnung-Spannungswandler verbunden, über welche Verformungen der Federelemente, wie sie bei einem Aufprall eines Kollisionsobjekts auf den Bahnräumer-Balken auftreten, erfasst werden. Durch Auswertung eines zeitlichen Verlaufs einer aus den Verformungen ermittelten Kollisionskraft kann das Kollisionsobjekt charakterisiert werden. Es ist in der WO 2015/135752 A1 keine Auswertung der Verformungen der Federelemente im Hinblick auf eine Erkennung einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs ersichtlich.

**[0004]** Weiterhin zeigt die WO 2015/086456 A1 ein Verfahren zur Entgleisungsdetektion und zur Hinderniserkennung für Schienenfahrzeuge mittels eines Balkens, welcher, quer zu einer Gleisachse und oberhalb einer Schienenoberkante angeordnet, mit einem Schienenfahrzeug verbunden ist. Auslenkungen des Balkens sind mittels Sensoren detektierbar. Lenkt der Balken vertikal aus, so lässt dies auf einen Entgleisungsvorgang des Schienenfahrzeugs schließen. Lenkt der Balken in Richtung der Gleisachse aus, so wird davon ausgegangen, dass dies auf eine Kollision des Balkens mit einem Hindernis zurückzuführen ist.

**[0005]** Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein gegenüber dem Stand der Technik weiterentwickeltes, von einem Bahnoberbau unabhängiges Verfahren zur Entgleisungsdetektion anzugeben.

**[0006]** Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Verfahren nach Anspruch 1, bei dem mittels der Auswerteeinheit aus den ersten Biegeverformungen erste Impulse mit einer ersten Impuls-Wirkrichtung parallel zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs und aus den zweiten Biegeverformungen zweite Impulse mit einer zweiten Impuls-Wirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den ersten Impulsen erste Impuls-Absolutbeträge und aus den zweiten Impulsen zweite Impuls-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als erstes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Impuls-Absolutbeträge und die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen andererseits mit einem Impuls-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das erste Kriterium erfüllt ist, wobei das erste Kriterium

dann erfüllt ist, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder die Summen andererseits gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

Durch diese Maßnahme kann aufwendige Auswertungen von Vertikalbeschleunigungen eines Fahrwerks (z.B. zur Ermittlung einer Fallgeschwindigkeit und/oder einer Fallhöhe eines Rads etc.) verzichtet werden. Außerdem kann das Verfahren für verschiedene Arten von Schienenfahrzeugen (z.B. für Vollbahnfahrzeuge, U-Bahnfahrzeuge etc.) und Gleiskörpern (z.B. Schotterbett oder feste Fahrbahn etc.) eingesetzt werden.

Eine Entgleisungsdetektion kann beispielsweise durch ein Szenario ausgelöst werden, in welchem der Hindernis-Kontaktbalken auf ein Gleis oder auf eine zwischen zwei Schienen des Gleises verlegte Stromschiene auftrifft, etc. Es ist ferner möglich, dass das Verfahren beispielsweise in Verbindung mit bereits an einem Schienenfahrzeug vorhandenen Vorrichtungen (z.B. einem Bahnräumberbalken, einem Hinderniserkennungsbalken etc.) implementiert wird, wodurch eine Bereitstellung dedizierter Vorrichtungen, die z.B. eigens konstruiert, mit dem Schienenfahrzeug verbunden und zugelassen werden müssen, vermieden werden kann etc. Zur Ermittlung der ersten Impulse und der zweiten Impulse können beispielsweise Funktionszusammenhänge aus der Balkentheorie eingesetzt werden, wobei z.B. aus den ersten Biegeverformungen und den zweiten Biegeverformungen jene die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen verursachenden Kräfte ermittelt und die Kräfte mit einer Einwirkdauer der Kräfte multipliziert werden können, um die ersten Impulse und die zweiten Impulse zu erhalten.

**[0007]** Zur Erfassung der ersten Biegeverformungen und der zweiten Biegeverformungen können der erste Sensor und der zweite Sensor beispielsweise als Dehnung-Spannungswandler (z.B. als Dehnungsmessstreifen oder als piezoelektrischer Messumformer etc.) ausgeführt sein. Die erste Impuls-Wirkrichtung und die zweite Impulswirkrichtung können gleichgerichtet oder aber auch entgegengesetzt ausgerichtet sein. Eine Bildung der ersten Impuls-Absolutbeträge und der zweiten Impuls-Absolutbeträge ist vorteilhaft, weil dadurch der erste Impuls und der zweite Impuls auch dann als eine Entgleisung repräsentierend erfasst werden können, wenn der erste Impuls und der zweite Impuls einander entgegengesetzte Richtungen aufweisen.

Werden aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen die Summen gebildet und werden die Summen mit dem Impuls-Schwellwert verglichen, so wird dadurch ein verlässliches Ansprechen der Entgleisungsdetektion bewirkt. Es ist dadurch möglich, dass die Entgleisung beispielsweise auch dann detektiert wird, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge sehr groß und die zweiten Impuls-Absolutbeträge sehr klein sind (beispielsweise aufgrund einer Störung des zweiten Sensors), sofern die Summen gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind etc.

**[0008]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0009]** Es ist beispielsweise günstig, wenn der Impuls-Schwellwert abhängig von einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs ist.

Dadurch kann eine Geschwindigkeitsabhängigkeit des ersten Impulses und des zweiten Impulses bei Ausbildung des mechanischen Kontakts zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken und dem Gleiskörper berücksichtigt werden, wonach beispielsweise eine hohe Fahrgeschwindigkeit zu einem großen ersten Impuls und zu einem großen zweiten Impuls führt.

**[0010]** Risiken im Hinblick auf Fehlauflösungen der Entgleisungsdetektion werden dadurch reduziert.

**[0011]** Hilfreich kann es ferner sein, wenn der Impuls-Schwellwert aus einem linearen ersten Zusammenhang aus einer ersten Steigung, welche ein auf die Fahrgeschwindigkeit normierter Impuls ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einem Grundimpuls, welcher ein erster y-Achsenabschnitt ist und zu einem ersten Produkt aus der ersten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet wird.

Durch diese Maßnahme kann der Impuls-Schwellwert z.B. mit steigender Fahrgeschwindigkeit zunehmend ausgeführt sein, wobei der Grundimpuls eine erste Auslöseschwelle definieren kann,

welche von den ersten Impulsen und/oder den zweiten Impulsen auch bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0 km/h erreicht oder überschritten werden muss, damit eine Auslösung der Entgleisungsdetektion möglich ist.

**[0012]** Eine Vorzugslösung erhält man, wenn Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen, welche von dem ersten Sensor und dem zweiten Sensor an die Auswerteeinheit übertragen werden, tiefpassgefiltert werden, wobei mittels der Auswerteeinheit aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale erste Kräfte mit einer ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale zweite Kräfte mit einer zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den ersten Kräften erste Kraft-Absolutbeträge und aus den zweiten Kräften zweite Kraft-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als zweites Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Kraft-Absolutbeträge und die zweiten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das zweite Kriterium erfüllt ist, wobei das zweite Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Kraft-Absolutbeträge und/oder die zweiten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind, wobei als erste Kräfte und als zweite Kräfte in dem zweiten Kriterium nur jene Kräfte berücksichtigt werden, welche mit einer Frequenz gleich einer definierten Grenzfrequenz oder kleiner als die definierte Grenzfrequenz auftreten, und wobei die Entgleisung des Schienenfahrzeugs dann detektiert wird, wenn das erste Kriterium oder/und das zweite Kriterium erfüllt ist/sind. Dadurch wird ein Verhalten einer Anordnung aus dem Hindernis-Kontaktbalken, dem ersten Halteelement und dem zweiten Halteelement in dem Verfahren berücksichtigt, wonach Schwingungen dieser Anordnung in ihrer Frequenz abnehmen, wenn der Hindernis-Kontaktbalken den Gleiskörper mechanisch kontaktiert. Dieses Verhalten führt dazu, dass Signale, welche die Kräfte aufgrund der ersten Biegeverformungen und der zweiten Biegeverformungen bei einem mechanischen Kontakt zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken und dem Gleiskörper repräsentieren, mit einem charakteristischen, im Hinblick auf die Entgleisungsdetektion auswertbaren Frequenzspektrum auftreten.

**[0013]** Im Hinblick auf eine Reduktion von Risiken im Zusammenhang mit einer Fehlauflösung der Entgleisungsdetektion kann es günstig sein, wenn das zweite Kriterium erst dann erfüllt ist, wenn bei einer definierten ersten Mehrzahl der ermittelten ersten Kräfte und/oder bei einer definierten zweiten Mehrzahl der ermittelten zweiten Kräfte die ersten Kraft-Absolutbeträge und/oder die zweiten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind.

**[0014]** Eine geschwindigkeitsabhängige Auslösung der Entgleisungsdetektion bei einer kontaktkraftbasierten Auswertung der Signale wird ermöglicht, wenn der Kraft-Schwellwert abhängig von einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs ist.

**[0015]** Im Zusammenhang mit einer geschwindigkeitsabhängigen Auslösbarkeit der Entgleisungsdetektion bei der kontaktkraftbasierten Auswertung der Signale kann es hilfreich sein, wenn der Kraft-Schwellwert aus einem linearen zweiten Zusammenhang aus einer zweiten Steigung, welche eine auf die Fahrgeschwindigkeit normierte Kraft ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einer Grundkraft, welche ein zweiter y-Achsenabschnitt ist und zu einem zweiten Produkt aus der zweiten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet wird.

Durch diese Maßnahme kann der Kraft-Schwellwert z.B. mit steigender Fahrgeschwindigkeit zunehmend ausgeführt sein, wobei die Grundkraft eine zweite Auslöseschwelle definieren kann, welche von den ersten Kräften und/oder den zweiten Kräften auch bei einer Fahrgeschwindigkeit von 0 km/h erreicht oder überschritten werden muss, damit eine Auslösung der Entgleisungsdetektion möglich ist.

**[0016]** Eine auf die Anordnung aus dem Hindernis-Kontaktbalken, dem ersten Halteelement und dem zweiten Halteelement abgestimmte Implementierung der Grenzfrequenz in einen Tiefpassfilter wird erreicht, wenn die Grenzfrequenz eine Grenzfrequenz des Tiefpassfilters ist, wobei die

Grenzfrequenz kleiner als eine Eigenfrequenz eines schwingfähigen Systems umfassend das erste Halteelement, das zweite Halteelement und den Hindernis-Kontaktbalken ist. Der Tiefpassfilter kann beispielsweise in der Auswerteeinheit implementiert sein.

**[0017]** Eine hohe Plausibilität und Sicherheit der Entgleisungsdetektion wird bewirkt, wenn die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters 20 Hz beträgt.

**[0018]** Ein Auslösekriterium der Entgleisungsdetektion mittels einer Bewertung von nicht tiefpassgefilterten Kontaktkräften wird etabliert, wenn vor Tiefpassfilterung der Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen aus den Signalen dritte Kräfte und vierte Kräfte ermittelt werden, wobei mittels der Auswerteeinheit aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die dritten Kräfte mit der ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die vierten Kräfte mit der zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den dritten Kräften dritte Kraft-Absolutbeträge und aus den vierten Kräften vierte Kraft-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als drittes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die dritten Kraft-Absolutbeträge und die vierten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Grundschnellwert, welcher kleiner als der Kraft-Schnellwert ist, verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das dritte Kriterium erfüllt ist, wobei das dritte Kriterium dann erfüllt ist, wenn die dritten Kraft-Absolutbeträge und/oder die vierten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Grundschnellwert oder größer als der Kraft-Grundschnellwert sind, und wobei die Entgleisung des Schienenfahrzeugs dann detektiert wird, wenn das zweite Kriterium zusammen mit dem dritten Kriterium oder/und das erste Kriterium erfüllt ist/sind. Durch diese Maßnahme können z.B. hochfrequente Signale (z.B. mit Frequenzen im Bereich von 400 Hz), aus welchen Kontaktkräfte ermittelt werden, in der Bewertung berücksichtigt werden. Eine Berücksichtigung der dritten Kräfte und der vierten Kräfte plausibilisiert Ergebnisse der Entgleisungsdetektion zusätzlich.

**[0019]** Für eine Kombination der Entgleisungsdetektion mit einer Hinderniserkennung kann es vorteilhaft sein, wenn die dritten Kräfte und die vierten Kräfte zwischen definierten zeitlichen Integrationsgrenzen zeitlich integriert werden und entsprechende Integrationsergebnisse aus Integration der dritten Kräfte und der vierten Kräfte jeweils durch eine Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs dividiert werden. Durch diese Maßnahme kann eine Masse eines Kollisionsobjekts ermittelt werden.

**[0020]** Eine günstige Lösung erhält man ferner, wenn eine Entgleisungsdetektion in einem Fahrgeschwindigkeitswertebereich von 0 km/h bis zu einer Höchstgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs vorgenommen wird. Durch diese Maßnahme kann beispielsweise vermieden werden, dass die Entgleisung bei geringer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs auftritt und unbemerkt bleibt. Z.B. kann so ein Anfahren des entgleisten Schienenfahrzeugs aus einem Halt verhindert werden.

**[0021]** Ein erfolgversprechendes Anwendungsgebiet kann mit einer Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge, konfiguriert zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erschlossen werden, umfassend ein erstes Halteelement, ein zweites Halteelement und einen Hindernis-Kontaktbalken, wobei Unterseiten des ersten Halteelements und des zweiten Halteelements mit dem Hindernis-Kontaktbalken verbunden sind und Oberseiten des ersten Halteelements und des zweiten Halteelements in einer Weise vor einem Radsatz eines Schienenfahrzeugs mit einem Fahrwerk des Schienenfahrzeugs verbindbar sind, so dass bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs ein mechanischer Kontakt zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken und einem Gleiskörper für das Schienenfahrzeug ausgebildet wird, wodurch erste Biegeverformungen des ersten Halteelements und zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements ausgebildet werden, ferner umfassend einen ersten Sensor zur Erfassung der ersten Biegeverformungen, einen zweiten Sensor zur Erfassung der zweiten Biegeverformungen sowie eine Auswerteeinheit, wobei der erste Sensor mit dem ersten Halteelement verbunden ist und der zweite Sensor mit dem zweiten Halteelement verbunden ist, wobei der erste Sensor und der zweite Sensor signalübertragend mit der Auswerteeinheit verbunden sind, wobei die Auswer-

teeinheit dazu konfiguriert ist, aus den ersten Biegeverformungen erste Impulse mit einer ersten Impuls-Wirkrichtung parallel zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs und aus den zweiten Biegeverformungen zweite Impulse mit einer zweiten Impuls-Wirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung zu ermitteln, aus den ersten Impulsen erste Impuls-Absolutbeträge und aus den zweiten Impulsen zweite Impuls-Absolutbeträge zu bilden, als erstes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Impuls-Absolutbeträge und die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen andererseits mit einem Impuls-Schwellwert zu vergleichen, und zu prüfen, ob das erste Kriterium erfüllt ist, wobei das erste Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder die Summen andererseits gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

Mit einer derartigen Vorrichtung ist es beispielsweise möglich, eine kombinierte Entgleisungsdetektion und Hinderniserkennung durchzuführen.

In der Auswerteeinheit kann beispielsweise ein Tiefpassfilter zur Tiefpassfilterung von Signalen implementiert sein.

**[0022]** Eine besonders robuste Ausführung der Vorrichtung erhält man, wenn zumindest auf einer Balkenunterseite des Hindernis-Kontaktbalkens eine Kontaktschicht oder ein Kontaktelement aus einem stoßbeständigen und reibbeständigen Material angeordnet ist.

**[0023]** Eine hohe Betriebssicherheit wird mit einem Schienenfahrzeug mit zumindest einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion erzielt.

**[0024]** Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**[0025]** Es zeigen beispielhaft:

**[0026]** Fig. 1: Ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Entgleisungsdetektion, und

**[0027]** Fig. 2: Eine beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit einer beispielhaften Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion als Schrägriss.

**[0028]** Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm zu einer beispielhaften Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge. Mittels eines in Fig. 2 beispielhaft gezeigten ersten Sensors 1, welcher mit einem in Fig. 2 beispielhaft dargestellten ersten Halteelement 3 verbunden ist, werden erste Biegeverformungen des ersten Halteelements 3 erfasst, mittels eines ebenfalls in Fig. 2 beispielhaft gezeigten zweiten Sensors 2, welcher mit einem in Fig. 2 beispielhaft dargestellten zweiten Halteelement 4 verbunden ist, werden zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements 4 erfasst (Messschritt 5).

Das erste Halteelement 3 und das zweite Halteelement 4 sind mit einem beispielhaft in Fig. 2 gezeigten Hindernis-Kontaktbalken 6 verbunden, der mittels des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 vor einem Radsatz 7 eines in Fig. 2 beispielhaft dargestellten Schienenfahrzeugs an einem Fahrwerksrahmen 8 eines Fahrwerks 9 des Schienenfahrzeugs gehalten ist und der bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs einen mechanischen Kontakt mit einer beispielhaft in Fig. 2 gezeigten Stromschiene 10 eines Gleiskörpers für das Schienenfahrzeug ausbildet, wodurch die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen ausgebildet werden.

Der erste Sensor 1 sowie der zweite Sensor 2, welche als Dehnungsmessstreifen ausgeführt sind, sind signalübertragend mit einer beispielhaft in Fig. 2 gezeigten Auswerteeinheit 11 verbunden, welche in dem Schienenfahrzeug angeordnet ist.

**[0029]** Auf Grundlage des Messschritts 5 wird dann ein Impulsbewertungsschritt 12 vorgenommen. Hierzu werden mittels der Auswerteeinheit 11 aus den ersten Biegeverformungen erste Impulse mit einer ersten Impuls-Wirkrichtung parallel zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs (parallel zu der Stromschiene 10) und aus den zweiten Biegeverformungen zweite Impulse mit einer zweiten Impuls-Wirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt.

**[0030]** Zur Bestimmung der ersten Biegeverformung und der zweiten Biegeverformung sind der

erste Sensor 1 und der zweite Sensor 2 aus jeweils vier Dehnungsmessstreifen gebildet, welche auf Vorderseiten und Rückseiten des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 angeordnet sind, parallele Gitter ( $0^{\circ}$ - $0^{\circ}$ -Anordnung) aufweisen und zu einer Wheatstoneschen Brückenschaltung verschaltet sind. Über eine Brückengleichung werden aus Widerständen des ersten Sensors 1 und des zweiten Sensors 2 in der Auswerteeinheit 11 Dehnungen ermittelt, welche mit den ersten Biegeverformungen und den zweiten Biegeverformungen korrelieren.

**[0031]** Über einen Zusammenhang zwischen einer mechanischen Spannung einerseits und einem Biegemoment sowie einem Widerstandsmoment andererseits und über das Hookesche Gesetz werden Biegemomente aus den ermittelten Dehnungen, Elastizitätsmodulen des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 sowie Widerstandsmomenten des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 ermittelt.

**[0032]** Aus einem ersten Abstand zwischen dem ersten Sensor 1 und einer Unterkante des Hindernis-Kontaktbalkens 6 sowie aus ersten Biegemomenten bezüglich des ersten Halteelements 3, welche aus ersten Dehnungen des ersten Sensors 1, die mit den ersten Biegeverformungen korrelieren, ermittelt werden, werden horizontale erste Kontaktkräfte zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken 6 und der Stromschiene 10 ermittelt. Aus einem zweiten Abstand zwischen dem zweiten Sensor 2 und der Unterkante des Hindernis-Kontaktbalkens 6 sowie aus zweiten Biegemomenten bezüglich des zweiten Halteelements 4, welche aus zweiten Dehnungen des zweiten Sensors 2, die mit den zweiten Biegeverformungen korrelieren, ermittelt werden, werden horizontale zweite Kontaktkräfte zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken 6 und der Stromschiene 10 ermittelt.

**[0033]** Die ersten Kontaktkräfte werden mit ersten Wirkdauern der ersten Kontaktkräfte multipliziert, wodurch die ersten Impulse ermittelt werden.

Die zweiten Kontaktkräfte werden mit zweiten Wirkdauern der zweiten Kontaktkräfte multipliziert, wodurch die zweiten Impulse ermittelt werden.

**[0034]** Aus den ersten Impulsen werden erste Impuls-Absolutbeträge, aus den zweiten Impulsen werden zweite Impuls-Absolutbeträge gebildet, wobei als erstes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen mit einem Impuls-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das erste Kriterium erfüllt ist, wobei das erste Kriterium dann erfüllt ist, wenn die Summen gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

**[0035]** Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, dass die ersten Impuls-Absolutbeträge und die zweiten Impuls-Absolutbeträge einzeln mit dem Impuls-Schwellwert verglichen werden und das erste Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

**[0036]** Der Impuls-Schwellwert ist abhängig von einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs und wird aus einem linearen ersten Zusammenhang aus einer ersten Steigung, welche ein auf die Fahrgeschwindigkeit normierter Impuls ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einem Grundimpuls, welcher ein erster y-Achsenabschnitt ist und zu einem ersten Produkt aus der ersten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet.

**[0037]** Neben dem Impulsbewertungsschritt 12 wird in dem Verfahren auch ein erster Kraftbewertungsschritt 13 vorgenommen.

**[0038]** Hierbei werden Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen, welche von dem ersten Sensor 1 und dem zweiten Sensor 2 an die Auswerteeinheit 11 übertragen werden, mittels eines Tiefpassfilters 15 tiefpassgefiltert.

Mittels der Auswerteeinheit 11 werden aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale erste Kräfte mit einer ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale zweite Kräfte mit einer zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt. Die ersten Kräfte und die zweiten Kräfte werden wie oben im Zusammenhang mit den ersten Kontaktkräften und den zweiten Kontaktkräften beschrieben ermittelt. Es handelt sich auch bei den

ersten Kräften und den zweiten Kräften um horizontale Kontaktkräfte zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken 6 und der Stromschiene 10.

**[0039]** Aus den ersten Kräften werden erste Kraft-Absolutbeträge und aus den zweiten Kräften zweite Kraft-Absolutbeträge gebildet, wobei als zweites Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Kraft-Absolutbeträge und die zweiten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das zweite Kriterium erfüllt ist, wobei das zweite Kriterium dann erfüllt ist, wenn bei einer definierten ersten Mehrzahl der ermittelten ersten Kräfte und bei einer definierten zweiten Mehrzahl der ermittelten zweiten Kräfte die ersten Kraft-Absolutbeträge und die zweiten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind.

**[0040]** In dem zweiten Kriterium des ersten Kraftbewertungsschritts 13 werden als erste Kräfte und als zweite Kräfte nur jene Kräfte berücksichtigt, welche mit einer Frequenz gleich einer definierten Grenzfrequenz oder kleiner als die definierte Grenzfrequenz auftreten. Die Grenzfrequenz ist dabei eine Grenzfrequenz des in der Auswerteeinheit 11 implementierten Tiefpassfilters 15 und kleiner als eine Eigenfrequenz eines schwingfähigen Systems umfassend das erste Halteelement 3, das zweite Halteelement 4 und den Hindernis-Kontaktbalken 6. Die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters 15 beträgt 20 Hz.

**[0041]** Erfindungsgemäß ist es auch denkbar, dass das zweite Kriterium dann erfüllt ist, wenn einzelne erste Kraft-Absolutbeträge und/oder einzelne zweite Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind. Erfindungsgemäß ist es ferner möglich, dass das zweite Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Kraft-Absolutbeträge der definierten ersten Mehrzahl oder die zweiten Kraft-Absolutbeträge der definierten zweiten Mehrzahl gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind.

**[0042]** Der Kraft-Schwellwert ist abhängig von der Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs und wird aus einem linearen zweiten Zusammenhang aus einer zweiten Steigung, welche eine auf die Fahrgeschwindigkeit normierte Kraft ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einer Grundkraft, welche ein zweiter y-Achsenabschnitt ist und zu einem zweiten Produkt aus der zweiten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet.

**[0043]** In einem zweiten Kraftbewertungsschritt 14 werden zusätzlich vor Tiefpassfilterung der Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen aus den Signalen, wie oben im Zusammenhang mit den ersten Kontaktkräften und den zweiten Kontaktkräften beschrieben, dritte Kräfte und vierte Kräfte ermittelt, bei welchen es sich um horizontale Kontaktkräfte zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken 6 und der Stromschiene 10 handelt.

**[0044]** Mittels der Auswerteeinheit 11 werden aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die dritten Kräfte mit der ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die vierten Kräfte mit der zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt. Aus den dritten Kräften werden dritte Kraft-Absolutbeträge, aus den vierten Kräften vierte Kraft-Absolutbeträge gebildet.

Als drittes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs werden die dritten Kraft-Absolutbeträge und die vierten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Grundschiwellwert, welcher kleiner als der Kraft-Schwellwert ist, verglichen, wodurch geprüft wird, ob das dritte Kriterium erfüllt ist.

Das dritte Kriterium ist dann erfüllt, wenn die dritten Kraft-Absolutbeträge und die vierten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Grundschiwellwert oder größer als der Kraft-Grundschiwellwert sind.

**[0045]** Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, dass das dritte Kriterium dann erfüllt ist, wenn die dritten Kraft-Absolutbeträge oder die vierten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Grundschiwellwert oder größer als der Kraft-Grundschiwellwert sind.

**[0046]** Die Entgleisung des Schienenfahrzeugs wird dann in einem Detektionsschritt 16 detek-

tiert, wenn das zweite Kriterium zusammen mit dem dritten Kriterium oder das erste Kriterium erfüllt ist.

Erfindungsgemäß ist es jedoch auch möglich, dass die Entgleisung beispielsweise erst dann detektiert wird, wenn das zweite Kriterium zusammen mit dem dritten Kriterium und das erste Kriterium erfüllt sind.

Erfindungsgemäß ist es ferner denkbar, dass die Entgleisung beispielsweise dann detektiert wird, wenn erste Kriterium oder/und das zweite Kriterium erfüllt ist/sind und auf das dritte Kriterium verzichtet wird etc.

Ist die Entgleisung detektiert, so wird über die Auswerteeinheit 11 ein Eingriff in eine Sicherheitschleife des Schienenfahrzeugs vorgenommen, wodurch eine Schnellbremsung des Schienenfahrzeugs ausgelöst wird (Bremsauslösungsschritt 17).

**[0047]** Die Entgleisungsdetektion gemäß dem im Zusammenhang mit Fig. 1 beschriebenen Verfahren wird in einem ersten Fahrgeschwindigkeitswertebereich von 0 km/h bis zu einer Höchstgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs vorgenommen. Dabei handelt es sich um eine günstige Lösung. Erfindungsgemäß ist es aber beispielsweise auch möglich, einen kleineren, zweiten Fahrgeschwindigkeitswertebereich innerhalb des ersten Fahrgeschwindigkeitswertebereichs zu definieren und die Entgleisungsdetektion nur dann zu aktivieren, wenn das Schienenfahrzeug mit einer Fahrgeschwindigkeit in dem zweiten Fahrgeschwindigkeitswertebereich fährt.

**[0048]** Neben der Entgleisungsdetektion wird mittels des Verfahrens auch eine Hinderniserkennung mittels eines Massenbewertungsschritts 18 vorgenommen. Hierzu werden die dritten Kräfte und die vierten Kräfte zwischen definierten zeitlichen Integrationsgrenzen zeitlich integriert. Entsprechende Integrationsergebnisse aus Integration der dritten Kräfte und der vierten Kräfte werden jeweils durch die Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs dividiert, wodurch Massen ermittelt werden. Überschreiten die Massen einen definierten Massenschwellwert, so wird von einer sicherheitskritischen Kollision eines Objekts mit dem Hindernis-Kontaktbalken 6 ausgegangen und es wird der Bremsauslösungsschritt 17 durchgeführt.

**[0049]** In Fig. 2 ist eine beispielhafte Ausführungsvariante eines erfindungsgemäßen Schienenfahrzeugs mit einer beispielhaften Ausführungsvariante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion als Schrägriss dargestellt.

**[0050]** Die Vorrichtung umfasst ein erstes Halteelement 3, ein zweites Halteelement 4 und einen Hindernis-Kontaktbalken 6, wobei Unterseiten des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 mit dem Hindernis-Kontaktbalken 6 verbunden sind und Oberseiten des ersten Halteelements 3 und des zweiten Halteelements 4 vor einem Radsatz 7 des Schienenfahrzeugs mit einem Fahrwerksrahmen 8 eines Fahrwerks 9 des Schienenfahrzeugs verbunden sind.

**[0051]** Der Hindernis-Kontaktbalken 6 ist quer zu einem Gleis 19 eines Gleiskörpers für das Schienenfahrzeug oberhalb einer Stromschiene 10 des Gleiskörpers angeordnet. Bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs wird ein mechanischer Kontakt zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken 6 und der Stromschiene 10 ausgebildet, wodurch erste Biegeverformungen des ersten Halteelements 3 und zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements 4 ausgebildet werden.

**[0052]** Die Vorrichtung umfasst ferner einen ersten Sensor 1 zur Erfassung der ersten Biegeverformungen, einen zweiten Sensor 2 zur Erfassung der zweiten Biegeverformungen sowie eine Auswerteeinheit 11, wobei der erste Sensor 1 mit dem ersten Halteelement 3 verbunden ist und der zweite Sensor 2 mit dem zweiten Halteelement 4 verbunden ist. Der erste Sensor 1 ist über ein erstes Kabel 20 signalübertragend mit der Auswerteeinheit 11 verbunden. Der zweite Sensor 2 ist über ein zweites Kabel 21 signalübertragend mit der Auswerteeinheit 11 verbunden. Erfindungsgemäß ist es auch vorstellbar, dass der erste Sensor 1 und der zweite Sensor 2 über Funk signalübertragend mit der Auswerteeinheit 11 verbunden sind.

Die Auswerteeinheit 11 ist in einem Wagenkasten 22 des Schienenfahrzeugs angeordnet und als Bordrechner mit einem Prozessor, einem Speicher, Computerprogrammprodukten sowie Anschlüssen ausgeführt.

**[0053]** Auf einer Balkenunterseite des Hindernis-Kontaktbalkens 6 ist ein leistenförmiges Kontaktelement 23 aus einem stoßbeständigen und reibbeständigen Material angeordnet. Das Kontaktelement 23 ist für einen mechanischen Kontakt zwischen dem Kontaktelement 23 und der Stromschiene 10 in einem Entgleisungsszenario in einem gehärteten Stahl ausgeführt.

**[0054]** Die Vorrichtung ist dazu konfiguriert, jenes im Zusammenhang mit Fig. 1 beispielhaft beschriebene Verfahren durchzuführen. Mittels des ersten Sensors 1 und des zweiten Sensors 2 wird ein Messschritt 5 durchgeführt, mittels der Auswerteeinheit 11 ein Impulsbewertungsschritt 12, ein erster Kraftbewertungsschritt 13, ein zweiter Kraftbewertungsschritt 14, ein Detektionsschritt 16, ein Massenbewertungsschritt 18 und, sofern erforderlich, ein Bremsauslösungsschritt 17.

Zur Durchführung des ersten Kraftbewertungsschritts 13 ist in der Auswerteeinheit 11 ein Tiefpassfilter 15 implementiert. Der Messschritt 5, der Impulsbewertungsschritt 12, der erste Kraftbewertungsschritt 13, der zweite Kraftbewertungsschritt 14, der Detektionsschritt 16, der Massenbewertungsschritt 18 und der Bremsauslösungsschritt 17 sind im Zusammenhang mit Fig. 1 beispielhaft beschrieben.

## LISTE DER BEZEICHNUNGEN

- 1 Erster Sensor
- 2 Zweiter Sensor
- 3 Erstes Halteelement
- 4 Zweites Halteelement
- 5 Messschritt
- 6 Hindernis-Kontaktbalken
- 7 Radsatz
- 8 Fahrwerksrahmen
- 9 Fahrwerk
- 10 Stromschiene
- 11 Auswerteeinheit
- 12 Impulsbewertungsschritt
- 13 Erster Kraftbewertungsschritt
- 14 Zweiter Kraftbewertungsschritt
- 15 Tiefpassfilter
- 16 Detektionsschritt
- 17 Bremsauslösungsschritt
- 18 Massenbewertungsschritt
- 19 Gleis
- 20 Erstes Kabel
- 21 Zweites Kabel
- 22 Wagenkasten
- 23 Kontaktelement

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge, wobei mittels eines ersten Sensors (1), welcher mit einem ersten Halteelement (3) verbunden ist, erste Biegeverformungen des ersten Halteelements (3) erfasst werden und mittels eines zweiten Sensors (2), welcher mit einem zweiten Halteelement (4) verbunden ist, zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements (4) erfasst werden, wobei das erste Halteelement (3) und das zweite Halteelement (4) mit einem Hindernis-Kontaktbalken (6), der mittels des ersten Halteelements (3) und des zweiten Halteelements (4) vor einem Radsatz (7) eines Schienenfahrzeugs an einem Fahrwerk (9) des Schienenfahrzeugs gehalten ist und der bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs einen mechanischen Kontakt mit einem Gleiskörper für das Schienenfahrzeug ausbildet, wodurch die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen ausgebildet werden, verbunden sind, und wobei der erste Sensor (1) sowie der zweite Sensor (2) signalübertragend mit einer Auswerteeinheit (11) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass mittels der Auswerteeinheit (11) aus den ersten Biegeverformungen erste Impulse mit einer ersten Impuls-Wirkrichtung parallel zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs und aus den zweiten Biegeverformungen zweite Impulse mit einer zweiten Impuls-Wirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den ersten Impulsen erste Impuls-Absolutbeträge und aus den zweiten Impulsen zweite Impuls-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als erstes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Impuls-Absolutbeträge und die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen andererseits mit einem Impuls-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das erste Kriterium erfüllt ist, wobei das erste Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder die Summen andererseits gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Impuls-Schwellwert abhängig von einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Impuls-Schwellwert aus einem linearen ersten Zusammenhang aus einer ersten Steigung, welche ein auf die Fahrgeschwindigkeit normierter Impuls ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einem Grundimpuls, welcher ein erster y-Achsenabschnitt ist und zu einem ersten Produkt aus der ersten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen, welche von dem ersten Sensor (1) und dem zweiten Sensor (2) an die Auswerteeinheit (11) übertragen werden, tiefpassgefiltert werden, wobei mittels der Auswerteeinheit (11) aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale erste Kräfte mit einer ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die tiefpassgefilterten Signale zweite Kräfte mit einer zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den ersten Kräften erste Kraft-Absolutbeträge und aus den zweiten Kräften zweite Kraft-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als zweites Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Kraft-Absolutbeträge und die zweiten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Schwellwert verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das zweite Kriterium erfüllt ist, wobei das zweite Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Kraft-Absolutbeträge und/oder die zweiten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind, wobei als erste Kräfte und als zweite Kräfte in dem zweiten Kriterium nur jene Kräfte berücksichtigt werden, welche mit einer Frequenz gleich einer definierten Grenzfrequenz oder kleiner als die definierte Grenzfrequenz auftreten, und wobei die Entgleisung des Schienenfahrzeugs dann detektiert wird, wenn das erste Kriterium oder/und das zweite Kriterium erfüllt ist/sind.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das zweite Kriterium erst dann erfüllt ist, wenn bei einer definierten ersten Mehrzahl der ermittelten ersten Kräfte und/oder bei einer definierten zweiten Mehrzahl der ermittelten zweiten Kräfte die ersten Kraft-Absolutbeträge und/oder die zweiten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Schwellwert oder größer als der Kraft-Schwellwert sind.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraft-Schwellwert abhängig von einer Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs ist.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kraft-Schwellwert aus einem linearen zweiten Zusammenhang aus einer zweiten Steigung, welche eine auf die Fahrgeschwindigkeit normierte Kraft ist und welche mit der Fahrgeschwindigkeit multipliziert wird, und einer Grundkraft, welche ein zweiter y-Achsenabschnitt ist und zu einem zweiten Produkt aus der zweiten Steigung und der Fahrgeschwindigkeit addiert wird, gebildet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenzfrequenz eine Grenzfrequenz eines Tiefpassfilters (15) ist, wobei die Grenzfrequenz kleiner als eine Eigenfrequenz eines schwingfähigen Systems umfassend das erste Halteelement (3), das zweite Halteelement (4) und den Hindernis-Kontaktbalken (6) ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenzfrequenz des Tiefpassfilters (15) 20 Hz beträgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass vor Tiefpassfilterung der Signale repräsentierend die ersten Biegeverformungen und die zweiten Biegeverformungen aus den Signalen dritte Kräfte und vierte Kräfte ermittelt werden, wobei mittels der Auswerteeinheit (11) aus den ersten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die dritten Kräfte mit der ersten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung und aus den zweiten Biegeverformungen repräsentiert durch die ungefilterten Signale die vierten Kräfte mit der zweiten Kraftwirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung ermittelt werden, wobei aus den dritten Kräften dritte Kraft-Absolutbeträge und aus den vierten Kräften vierte Kraft-Absolutbeträge gebildet werden, wobei als drittes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die dritten Kraft-Absolutbeträge und die vierten Kraft-Absolutbeträge mit einem Kraft-Grundschiwellwert, welcher kleiner als der Kraft-Schwellwert ist, verglichen werden, wodurch geprüft wird, ob das dritte Kriterium erfüllt ist, wobei das dritte Kriterium dann erfüllt ist, wenn die dritten Kraft-Absolutbeträge und/oder die vierten Kraft-Absolutbeträge gleich dem Kraft-Grundschiwellwert oder größer als der Kraft-Grundschiwellwert sind, und wobei die Entgleisung des Schienenfahrzeugs dann detektiert wird, wenn das zweite Kriterium zusammen mit dem dritten Kriterium oder/und das erste Kriterium erfüllt ist/sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dritten Kräfte und die vierten Kräfte zwischen definierten zeitlichen Integrationsgrenzen zeitlich integriert werden und entsprechende Integrationsergebnisse aus Integration der dritten Kräfte und der vierten Kräfte jeweils durch eine Fahrgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs dividiert werden.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Entgleisungsdetektion in einem Fahrgeschwindigkeitswertebereich von 0 km/h bis zu einer Höchstgeschwindigkeit des Schienenfahrzeugs vorgenommen wird.
13. Vorrichtung zur Entgleisungsdetektion für Schienenfahrzeuge, konfiguriert zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 12, umfassend ein erstes Halteelement (3), ein zweites Halteelement (4) und einen Hindernis-Kontaktbalken (6), wobei Unterseiten des ersten Halteelements (3) und des zweiten Halteelements (4) mit dem Hindernis-Kontaktbalken (6) verbunden sind und Oberseiten des ersten Halteelements (3) und des zweiten Halteelements (4) in einer Weise vor einem Radsatz (7) eines Schienenfahrzeugs mit einem Fahrwerk (9) des Schienenfahrzeugs verbindbar sind, so dass bei einer Entgleisung des Schienenfahrzeugs ein mechanischer Kontakt zwischen dem Hindernis-Kontaktbalken (6) und einem Gleiskörper für das Schienenfahrzeug ausgebildet wird, wo-

durch erste Biegeverformungen des ersten Halteelements (3) und zweite Biegeverformungen des zweiten Halteelements (4) ausgebildet werden, ferner umfassend einen ersten Sensor (1) zur Erfassung der ersten Biegeverformungen, einen zweiten Sensor (2) zur Erfassung der zweiten Biegeverformungen sowie eine Auswerteeinheit (11), wobei der erste Sensor (1) mit dem ersten Halteelement (3) verbunden ist und der zweite Sensor (2) mit dem zweiten Halteelement (4) verbunden ist, wobei der erste Sensor (1) und der zweite Sensor (2) signalübertragend mit der Auswerteeinheit (11) verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteeinheit (11) dazu konfiguriert ist, aus den ersten Biegeverformungen erste Impulse mit einer ersten Impuls-Wirkrichtung parallel zu einer Fahrtrichtung des Schienenfahrzeugs und aus den zweiten Biegeverformungen zweite Impulse mit einer zweiten Impuls-Wirkrichtung parallel zu der Fahrtrichtung zu ermitteln, aus den ersten Impulsen erste Impuls-Absolutbeträge und aus den zweiten Impulsen zweite Impuls-Absolutbeträge zu bilden, als erstes Kriterium zur Detektion der Entgleisung des Schienenfahrzeugs die ersten Impuls-Absolutbeträge und die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder Summen aus den ersten Impuls-Absolutbeträgen und den zweiten Impuls-Absolutbeträgen andererseits mit einem Impuls-Schwellwert zu vergleichen, und zu prüfen, ob das erste Kriterium erfüllt ist, wobei das erste Kriterium dann erfüllt ist, wenn die ersten Impuls-Absolutbeträge und/oder die zweiten Impuls-Absolutbeträge einerseits oder die Summen andererseits gleich dem Impuls-Schwellwert oder größer als der Impuls-Schwellwert sind.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest auf einer Balkenunterseite des Hindernis-Kontaktbalkens (6) eine Kontaktschicht oder ein Kontaktelement (23) aus einem stoßbeständigen und reibbeständigen Material angeordnet ist.
15. Schienenfahrzeug mit zumindest einer Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14.

**Hierzu 1 Blatt Zeichnungen**

1/1

FIG 1

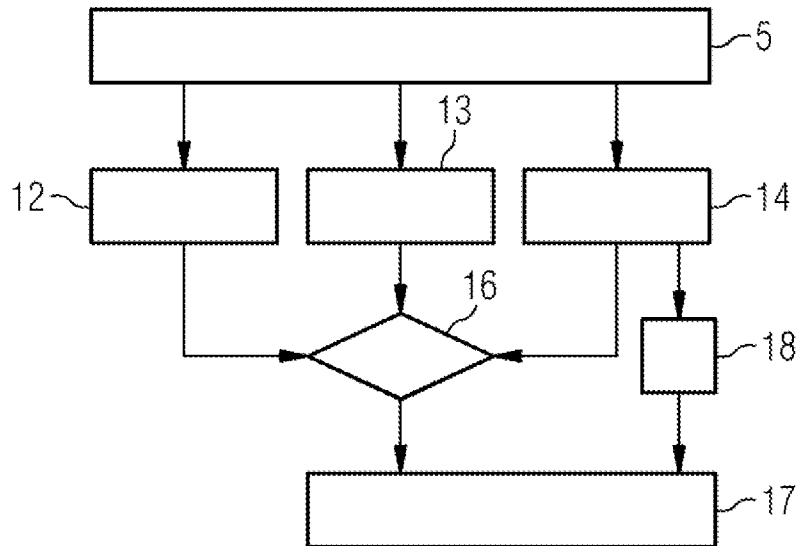


FIG 2

